

大気圧プラズマによる炭化水素燃焼時のガス組成分析 Gas Composition during Hydrocarbon Combustion using Atmospheric Pressure Plasma

永井初¹, 中島利郎¹, 堀口勝三¹, 江角直道², 田中康規³, 澤田圭司⁴, 田中将裕⁵
高山定次⁵, 西村清彦⁵

NAGAI Hajime, NAKASHIMA Toshiro, HORIGUCHI Katsumi, EZUMI Naomichi, et al

¹国立高専機構長野高専, ²筑波大学, ³金沢大学, ⁴信州大学, ⁵核融合科学研究所
NIT Nagano College, Tsukuba Univ, Kanazawa Univ, Shinshu Univ, NIFS

1. 研究背景

将来のエネルギー源である核融合発電では燃料として、重水素や三重水素(トリチウム)を使用する。トリチウムは核融合炉内の炭素素材と反応し、トリチウム化炭化水素を生じる。これは放射性物質であり、適切に回収・処理しなければならない。

従来の処理法としては、貴金属触媒(Pt, Pd等)による触媒酸化法と吸着法を組み合わせた手法が広く使われている。しかし、事故時を想定した大流量処理への対応、触媒反応炉の温度維持や加熱効率等が課題となる。

そこで、貴金属触媒に替えて、大気圧プラズマ燃焼法を提案する。大気圧プラズマによって生成されるラジカルを利用することで、貴金属触媒が不要となり、大流量処理が可能となる。また、反応炉の昇温時間を必要としないため、即応性が高まることが期待される。

本研究では、模擬実験としてトリチウム化炭化水素と化学的性質が同じ炭化水素を対象とした、大気圧プラズマによる炭化水素の燃焼反応過程を明らかにし、効率的なトリチウム化炭化水素処理法の確立を目的とする。

2. 実験方法

図1に実験装置の概略構成図を示す。本装置は大気圧マイクロ波プラズマ源、ガスクロマトグラフ装置(GC)と質量分析器(QMS)、プラズマ計測用可視分光器から構成されている。プラズマ源の動作ガスはAr, O₂, CH₄を流量混合し、濃度を調整した。2.45GHzのマイクロ波電源と整合器により大気圧中にプラズマ炎を生成し、メタン燃焼率及び装置出口における反応生成物を測定した。

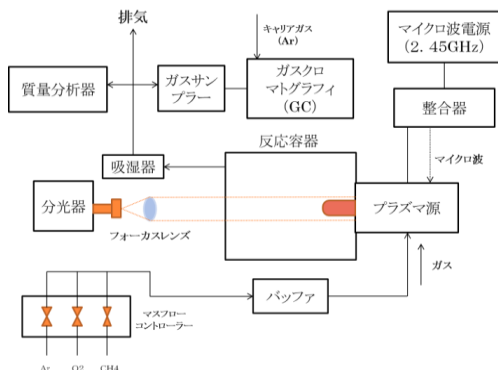


図1. 実験装置の概略構成図

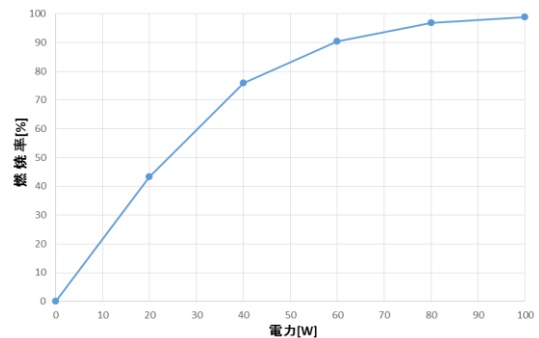


図2. メタン燃焼率の入射電力依存性

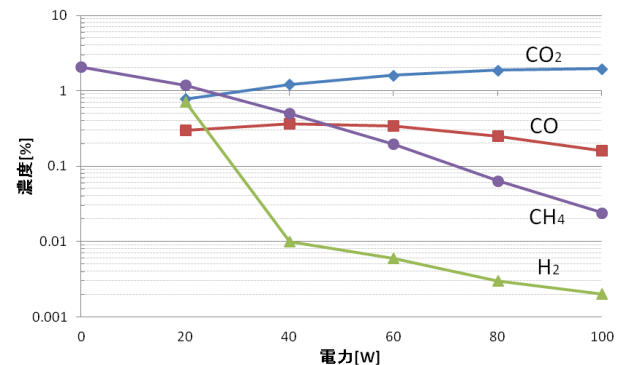


図3. 生成物質の入射電力依存性

3. 実験結果

実験条件として総流量2.0L/min, Ar濃度78.0%, O₂濃度20.0%, CH₄濃度2.0%, マイクロ波電力を0~100Wまで変化させ、大気圧プラズマ中におけるCH₄の燃焼反応を調べた。

図2にメタン燃焼率のマイクロ波入射電力依存性を示す。電力の増加に伴い、メタン燃焼率も増加し、60W以上で燃焼率が90%以上に達した。

図3にGCで測定したメタン燃焼時の主な生成物質の入射電力依存性を示す。入射電力の増加とともに、CH₄の燃焼生成物であるCO₂の増加が観測された。COに関しては、40~60W付近でピークが観測された。また、低入射電力時にはCH₄の分解生成物であるH₂が比較的高い濃度で検出された。しかし、COと同様に40Wを境に減少した。

これら還元性物質の推移は、高い酸化力を有するOHラジカル量の入射電力依存性との関係において、興味深い相関が得られた。発表では、プラズマ分光計測の結果とともに報告する。